第 40 卷 第 1 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 40, No. 1
1997 年 2 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Feb., 1997

亚洲玉米螟蛾趋光行为及复眼结构节律性研究*

郭炳群　　李世文
（中国科学院动物研究所　北京　100080）

摘要　用行为实验和光学显微镜观察比较了夜间暗适应处理和日间暗适应处理的亚洲玉米螟蛾 *Ostrinia furnacalis*（Guenée）趋光反应及小眼的显微结构。(1) 夜间暗适应处理组的趋光反应率明显高于日间暗适应处理组。5 个照度行为实验中，前者最高反应率达 80%，最低 23%，总反应率近 48%，而后者分别只有 35%、10%和 21%。(2) 夜间暗适应与日间暗适应的复眼其屏蔽色素分布大体相同，但小网膜细胞核的分布区域有明显差异，表明亚洲玉米螟蛾小眼结构变化存在一定的节律性。这种结构节律变化可能是导致趋光反应昼夜差异的原因之一。

关键词　亚洲玉米螟，趋光行为，复眼结构

光和暗适应引起昆虫眼睛发生结构变化早已在许多昆虫中被证实[1~4]。除此，人们还发现一些昆虫复眼的解剖特征除受外界光照强度影响外，尚与自然昼夜节律有关。Menzi[5]详细比较研究了 *Camponotus irritans*，*C. Ligniperda* 和 *C. detritus* 三种蚁的复眼结构周日变化规律；吴卫国[6]报道了用电生理和解剖学方法研究发现的飞蝗 *Locusta migratoria* 小眼小网膜细胞角敏感度及一些解剖特征的节律变化，并指出复眼生理上的节律性变化是由结构上的节律性引起。

亚洲玉米螟蛾 *Ostrinia furnacalis*（Guenée）属鳞翅目螟蛾科，是具有较强趋光性的夜行蛾。本项工作采用室内行为实验和实验形态学相结合，观察比较日间暗适应处理和夜间暗适应处理的玉米螟蛾趋光行为反应及其复眼结构特征，目的是了解夜间活动蛾类复眼结构及趋光行为有否节律性，并对复眼结构与光行为之间的相关性做些探讨。

1　材料与方法

1.1　材料

实验用的玉米螟蛾为人工饲养所得的蛹羽化 2～3 d 后的成虫。

1.2　方法

1.2.1　趋光行为观察：(1) 用 100 W 磨砂灯泡作光源灯，测量在 60 V、100 V、140 V、

* 本项工作系中国科学院"八五"重点项目、国家自然科学基金资助项目
1994-11-24 收稿，1995-02-07 收修改稿

180 V 和 220 V 电压下光源灯投至在实验台面上的光照度，即为光行为实验用的 5 个照度。(2) 行为观察分夜间暗适应和日间暗适应两大组。每大组各做 5 个照度组。夜间暗适应处理组(简称夜暗组)：17 时虫蛾先在光照箱中光照 1 h 后，将每只虫蛾放在长 9 cm，直径 3 cm 的两只对套的玻璃试管中，而后移至暗室实验台上暗适应处理 3 h，21 时接通电源开灯光照，观察灯亮瞬间虫蛾的飞动数目。日间暗适应处理组 (简称日暗组)：除暗适应是在 9 时至 12 时进行，12 时开灯光照，观察虫蛾飞动数目外，其余均和夜间暗适应处理组相同。

1.2.2 结构观察：将虫蛾也分 2 个处理组。(1) 夜间暗适应处理组 (简称夜暗组)：17 时将蛾子置光照箱中光照 1 h，18 时移至暗室暗适应 3 h，21 时切头固定。(2) 日间暗适应处理组 (简称日暗组)：8 时在光照箱中光照 1 h，9 时置暗室暗适应 3 h，12 时切头固定。切下的头和复眼均在 susa 固定液中固定 24 h，而后按常规方法制成 6 μm 厚的石蜡切片在光学显微镜下观察比较两组虫蛾复眼的解剖特征。

2 结果与讨论

2.1 趋光行为实验

5 个照度的行为实验中，在灯亮瞬间，夜间暗适应和日间暗适应处理组都有虫蛾飞动，但夜间暗适应处理的各照度组的虫蛾飞动百分率明显高于对应的日间暗适应处理的各照度组 (表 1)。夜暗组最高飞动率达 80%，最低为 23%，总飞动率近 48%。而日暗组分别只有 35%、10%和 21%，总飞动率夜暗组是日暗组 2 倍之多。说明在日间和夜间进行相同条件暗适应处理的亚洲玉米螟蛾趋光行为反应率并不一样。

2.2 复眼解剖特征

根据在光学显微镜下观察测量，将夜间暗适应处理和日间暗适应处理的复眼晶锥末端及透明带区域解剖特征主要差异整理于表 2

表 1 亚洲玉米螟蛾昼夜趋光行为对比

照度(lx)	夜间暗适应组飞动百分率	日间暗适应组飞动百分率
0.3	23	11
13	50	10
40	80	18
80	40	20
110	50	35

表 2 不同时间暗适应的复眼结构比较 (单位 μm)

内容	夜间暗适应组	日间暗适应组
小眼晶束长度	9	14
屏蔽色素远距*	0	0
屏蔽色素近距**	56	70
小网膜细胞核与晶锥末端最大距离	20	62

* 屏蔽色素远距——屏蔽色素远端与晶锥远端之间的距离

** 屏蔽色素近距——屏蔽色素近端与晶锥远端之间的距离

从表 2 可以看出，夜间进行暗适应和日间进行暗适应的亚洲玉米螟蛾复眼，虽然它们都在相同条件进行 3h 的暗适应处理，但它们的解剖特征却不完全相同，除两组小眼的晶束长度不一样外，小网膜细胞核的分布区域差异十分明显。夜暗组小眼的小网膜细胞核大多集中聚集在晶锥末端处 (图版 I：1,2)，在复眼的纵切片上可以看到在紧靠晶锥末

端内侧有一似漏斗状的小网膜细胞核膨大体（图版Ⅰ：1）。日暗组小眼的小网膜组胞核离晶锥末端较远（图版Ⅰ：3，4），而且也不像夜暗组那样集中聚在一起，以至在纵切片上看，在网膜细胞柱中间形成一个似长棒状的小网膜细胞核膨大体（图版Ⅰ：3），小网膜细胞核与晶锥末端的最大距离约有 60μm，是夜暗组的 3 倍，向光适应状态小眼的特征靠近。表 2 还表明，这两个不同时间暗适应处理组复眼内屏蔽色素纵向分布基本相同，屏蔽色素远距均为零，屏蔽色素近距差异也不大。

以上结果似乎显示这样一个现象，亚洲玉米螟蛾复眼屏蔽色素的纵向移动与自然昼夜节律变化关系不大，而小网膜细胞核的分布位置则受自然昼夜节律变化的一定影响。至于产生这种现象的内在原因是什么，是否它们的调控机制等不同，尚不清楚。

在纵切片上，对于在夜暗组中一些复眼内也发现有个别小眼有零星的小网膜细胞核离晶锥较远；在日暗组的复眼内，长棒状的小网膜细胞核膨大体中各小网膜细胞核纵向水平排列是否有一定的规律等等，现我们尚不能做出一些解释，有待于进一步探讨。

陈宁生[7]、侯无危[8]对棉铃虫（*Helicoverpa armigera*）蛾等趋光特性的研究表明，复眼生理特性是影响夜蛾趋光行为的基本因素之一，夜蛾向灯飞是当其复眼受到强光刺激时正常视觉受到干扰的一种行为反应。夜间活动的蛾类，经过充分暗适应，其复眼对光的敏感性一般很高，很易受强光刺激的干扰。昆虫眼睛的光敏感性除与屏蔽色素分布位置密切相关外，小眼晶锥末端和小网膜细胞远端之间区域的结构特征和其敏感度也有较明显的相关性[5~6]。由此推测本实验发现的亚洲玉米螟蛾小眼晶锥末端及小网膜细胞柱远端一些解剖特点的昼夜节律变化也会影响复眼生理特性变化，夜间暗适应眼睛的敏感性可能比日间暗适应处理的高，而这种视觉生理差异可能是影响趋光行为昼夜变化的原因之一。我们在实验中发现停止飞动的亚洲玉米螟蛾头部大多朝着光源灯，即向灯飞的姿势，如果夜间暗适应处理的亚洲玉米螟蛾对光的敏感性比日间夜适应的高，那么受相同强度光刺激时，前者就比后者容易因光刺激产生视觉干扰，以至引起前者的趋光反应高于后者。从日间或夜间暗适应处理的各照度组的飞动率来看，基本上也是光照度大的组飞动率高于光照度低的组，也从另一侧面反映飞动率与复眼视觉受到光刺激干扰大小有关。

一些研究显示，当外界光强度超过一定范围时，充分暗适应的粘虫（*Mythiman separata*）蛾起飞行为则会受到抑制[7]。本实验夜暗组中两个最大照度组的反应率较低，可能与这一现象有关，

参 考 文 献

1 Horridge G A, Giddings C. The retina of *Ephestia* (Lepidoptera). Proc. Roy. Soc. B, 1971, 87～95

2 Agee H R. Histology of the compound eye of *Heliothis zea*. Ann. Ent. Soc. Amer. 1971, **64** (1): 85～88

3 Stone G C, Koopowitz H. The ultrastructural organization of the visual system of the wax moth, *Galleria mellonella*: the retina. Cell tissue Research, 1976, **174** (4): 519～531

4 Brammer J D, Peter J S, Ronald A A. Effect of light and dark adaptation upon the rhabdom in the compound eye of the mosquito. J. Exp. Zool., 1978, **206**: 152～156

5 Menzi U. Visual adaptation in nocturnal and diurnal ants. J. Comp. Physiol. A, 1987, **160**: 11～21

6 吴卫国，Horridge G A. 飞蝗复眼生理和结构上的节律变化．昆虫学报，1988，**31**（4）：342～344
7 陈宁生．夜蛾趋光行为的本质、规律和导航原理．昆虫知识，1979，**16**（5）：193～200
8 侯无危，贺小威．夜蛾趋光特性的研究：复眼转化过程中的行为变异．昆虫学报，1979，**22**（1）：34～40

A STUDY ON THE RHYTHMIC CHANGES OF PHOTOTACTIC BEHAVIOUR AND COMPOUND EYE STRUCTURE OF ADULT CORN BORER

Guo Bingqun Li Shiwen
(*Institute of Zoology*, *Academia Sinica Bejijng* 100080)

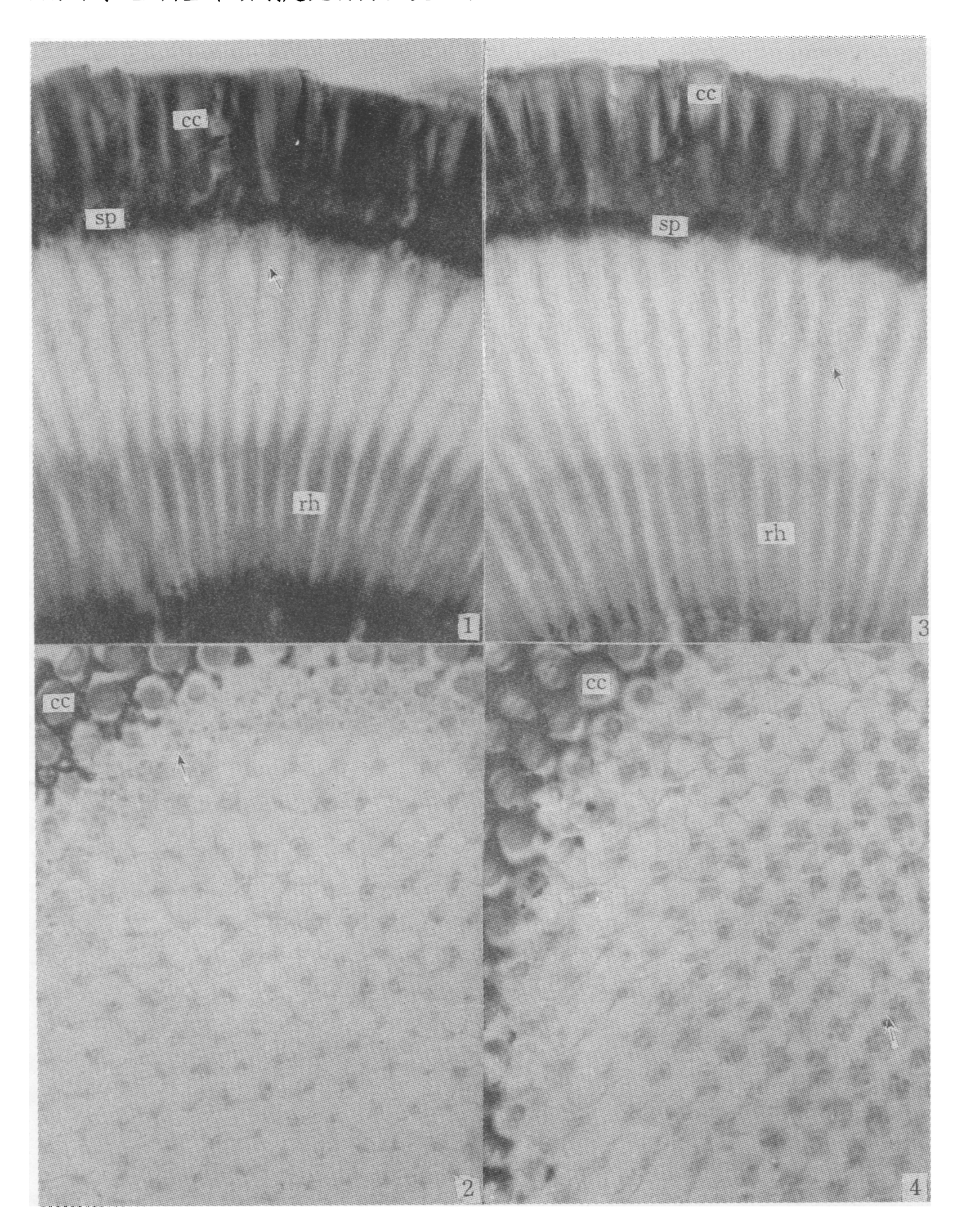
Abstract Comparative studies of phototactic behaviour and ommatidium fine structure are made with behaviour test and microscopy on adult corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée). The moths were disposed of dark adaptation in the darkroom in different time, in the night or in the day. The results are as follows. (1) The percentage of phototactic reaction of the moths which are disposed of dark adaptation in the night is much higher than that disposed in the daytime. From 5 behaviour tests with different illuminance, the percentage of the highest phototactic response is 80%, the lowest 23%, and the average 48% for the former, and 35%, 10%and 21%respectively for the latter. (2)The distribution of the screening pigment in the compound eye is nearly the same between the night dark adaptation and the day dark adaptation; however, the distribution area of nuclei of retinula cells is obviously different, which implies the natural rhythm of structure changes in the ommatidia of adult corn borer. The relationship between the rhythmic changes of the structure of compound eye and phototactic responses is discussed.

Key Words *Ostrinia furnacalis*, phototactic behaviour, compound eye structure

图 版 说 明

图版 I

1. 夜间暗适应处理的亚洲玉米螟蛾复眼纵切照片，×400，箭头示小网膜细胞核聚集在晶锥末端附近。cc 为晶锥、sp 为屏蔽色素、rh 为视杆
2. 夜间暗适应复眼透明区远侧横切照片，×460，箭头示小网膜细胞核聚集于紧靠晶锥附近
3. 日间暗适应处理的复眼纵切照片，×400，箭头示小网膜细胞核远离晶锥末端并分布较分散
4. 日间暗适应处理复眼的透明区远侧区域横切照片，×460，箭头示小网细胞核离晶锥较远


cc
sp
rh
1
cc
sp
rh
3
cc
2
cc
4